



ESTIMACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA INDIVIDUAL EN SITUACIONES INTEGRADAS DE JUEGO EN DEPORTES COLECTIVOS: UNA PROPUESTA PRÁCTICA

Estimation of the players maximum heart rate in real game situations in team sports: a practical propose

Cuadrado-Reyes, J.¹
Mail: jorgecu@correo.ugr.es

Recibido: 04/05/2010
Aceptado: 30/12/2010

Chiroso, L.J.¹
Mail: lchiroso@ugr.es

Chiroso, I.J.¹
Mail: ichiroso@ugr.es

Martín-Tamayo, I.²
Mail: imartin@ugr.es

Aguilar-Martínez, D.¹
Mail: daguim@correo.ugr.es

¹ Universidad de Granada. Departamento de Educación Física

² Universidad de Granada. Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento.

Correspondencia:

Chiroso, L.J.
Universidad de Granada. Facultad de Ciencias del Deporte.
Carretera de Alfacar, s/n 18011, Granada
Mail: lchiroso@ugr.es

Resumen

En el presente estudio se propone una ecuación lineal para el cálculo de la frecuencia cardiaca máxima (FC máx) de forma indirecta en jugadores de deportes de equipo en situaciones integradas de juego. La muestra experimental estuvo formada por trece jugadores (24 ± 3 años) pertenecientes a un equipo de División de Honor B de balonmano. Se midió la FC máx inicialmente por medio de la prueba de Course Navette. Posteriormente, se realizaron veintiuna sesiones de entrenamiento en las que se registró la FC, de forma continua, y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), en cada tarea. Se realizó un análisis de regresión lineal que permitió encontrar una ecuación de predicción de la FC máx. a partir de las frecuencias cardiacas máximas de las tres sesiones de mayor intensidad. Los datos previstos por esta ecuación correlacionan significativamente con los datos obtenidos en el Course Navette y tienen menor error típico de medida que otros métodos de cálculo. Como conclusión principal se destaca que esta ecuación posibilita una manera útil y cómoda del cálculo de FC máx en situaciones reales de juego, evitándose la realización de test analíticos no específicos y, de este modo, reducir la falta de ecología en la valoración funcional.

Palabras clave: control del entrenamiento, valoración funcional, fórmula predictiva

Abstract

This research developed a logarithms for calculating the maximum heart rate (max. HR) for players in team sports in game situations. The sample was made of thirteen players (aged 24 ± 3) to a Division Two Handball team. HR was initially measured by Course Navette test. Later, twenty one training sessions were conducted in which HR and Rate of Perceived Exertion (RPE), were continuously monitored, in each task. A lineal regression analysis was done to help find a max. HR prediction equation from the max. HR of the three highest intensity sessions. Results from this equation correlate significantly with data obtained in the Course Navette test and with those obtained by other indirect methods. The conclusion of this research is that this equation provides a very useful and easy way to measure the max. HR in real game situations, avoiding non-specific analytical tests and, therefore laboratory testing..

Key words: workout control, functional evaluation, prediction equation.

Introducción

En los deportes colectivos la evaluación y valoración de la condición física individual de los deportistas, es una cuestión de gran importancia. Frecuentemente se aplican tests analíticos con más o menos semejanza con la realidad del juego para la valoración de la FC máx. y el consumo máximo de oxígeno de los jugadores de un equipo (Castagna, Chaouachi, Rampinini, Chamari e Impellizzeri, 2009; García, Villa, Rodríguez, Morante, Álvarez y Jover, 2003; Labsy, Collomp, Frey y De Ceaurriz, 2004; Núñez, Da Silva-Grigoletto, Castillo, Poblador y Lancho, 2008; Souhail, Castagna, Mohamed, Younes y Chamari, 2010). Estas pruebas se emplean a menudo, siendo discutibles los resultados y valores obtenidos ya que las situaciones analíticas no tienen en cuenta factores cognitivos y decisionales del juego, no pudiendo dar una información objetiva de lo que sucede (Antonacci, Mortimer, Rodrigues, Coelho y Silami-Garcia, 2007). Igualmente las pruebas analíticas o test funcionales se realizan en un día concreto, donde el deportista puede no encontrarse bien en el plano psíquico-físico, mermando así su rendimiento en la prueba y no llegando a los resultados esperados, mostrando un estado operacional falseado.

Ante esta problemática muchos autores han empleado pruebas analíticas semejantes a la dinámica real de juego en los deportes colectivos, como son los tests de Course Navette (Jullien, Amiard y Ahmaidi, 2000), Yoyo (Castagna, et al. 2009, Hermassi, Castagna, Mohamed, Younes y Chamari, 2010) o Probst (Núñez, et al. 2008) entre otros, sin embargo en ninguno de ellos, se tienen en cuenta los factores cognitivos y decisionales del juego. En esta línea Rivilla (2008), hace mención de la importancia de valorar al deportista en una situación real de juego en los que se consideren los factores cognitivos.

Di Michele, Di Renzo, Ammazalorso y Merni (2009) muestran la importancia de la aplicación de tests en el mismo medio en el que se realiza la acción del juego, obteniéndose valores más ajustado del sujeto evaluado. Kemi, Hoff, Engen, Helgerud y Wisloff (2003), mediante protocolos análogos de valoración aplicados a futbolistas, demostraron que los test de campo registraron valores muy similares a la prueba realizada de forma analítica en un laboratorio.

En esta línea se han realizado investigaciones donde se intenta simular de una forma muy cercana las condiciones reales de juego en diferentes deportes. Trabajos como los de Nicholas, Nuttall y Williams (2000) en fútbol, muestran la práctica de un test que evalúa a los futbolistas en condiciones de demanda física similares al juego real. García, et al. (2003), Labsy, et al. (2004) y Nuñez, et al. (2008) utilizan en sus estudios un test específico de potencia aeróbica máxima en el fútbol, Test de Probst, el cual se realiza para futbolistas en el mismo campo de fútbol en un determinado circuito y con un protocolo de esfuerzo determinado muy similar a los esfuerzos desarrollados en fútbol. Otra prueba utilizada en este deporte para valorar el consumo de oxígeno máximo de los futbolistas ha sido el test de Hoff, utilizada por Chamari et al. (2005), el cual desarrolla esfuerzos muy parecidos al juego real en fútbol.

En balonmano, Souhail, Castagna, Mohamed, Younes, y Chamari, (2010), aplicaron el Yo-Yo test para la valoración aeróbica de jugadores. Los esfuerzos realizados en esta prueba, son similares a los realizados en este deporte y la actividad se aplica en la misma pista de juego. Otros estudios como los de Alexander y Borek (1989), Buchheit, et al. (2009), Delamarche, et al. (1987) y Loftin, et al. (1996), muestran la importancia de controlar el esfuerzo de los jugadores en balonmano, aplicándoles diferentes tests máximos (de laboratorio y campo) para determinar valores máximos de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno.

Relacionado con el control del entrenamiento, existen fórmulas para la estimación de la FC máx en el ámbito del deporte y la salud. Autores como Karvonen (1957) e Imbar, Oten, Scheinowitz, Rotstein, Dlin y Casaburi (1994) propusieron ecuaciones para el cálculo de la FC máx basándose en la edad de los sujetos. Hasta donde se sabe, no existe ninguna forma directa de valorar la FC máx en situaciones de juego, por ello el propósito de nuestro estudio es encontrar un medio indirecto para estimar la FC máx individual durante situaciones integradas de entrenamiento, aplicable mediante una evaluación continua del jugador. De esta manera se podrá valorar a los jugadores por medio de situaciones integradas de juego, sin necesidad de aplicar un test analítico máximo.

Método

Participantes

Han participado 13 jugadores de sexo masculino (189 ± 4 cm, $93,5 \pm 2$ kg, $24,2 \pm 3$ años, 189 ± 10 pulsaciones por minuto) pertenecientes a un Club Deportivo de la División de Honor B española de balonmano. Todos tenían más de 10 años de experiencia en diferentes categorías e igualmente todos estaban familiarizados con los métodos de control de la carga de entrenamiento empleados en el estudio. Los participantes tomaron parte en la investigación de forma voluntaria. Todos fueron informados del propósito de estudio y se obtuvo el consentimiento por escrito de cada uno de ellos.

Diseño e instrumentos

Se ha aplicado un diseño no experimental de tipo longitudinal en el que la variable a observar ha sido la FC máx a lo largo de veintiuna sesiones de entrenamiento.

Procedimiento

De una temporada de entrenamiento, se seleccionó un macrociclo y medio, y de ese macrociclo y medio se seleccionaron veintiuna sesiones de entrenamiento, las cuales duraban entre una hora cincuenta minutos y dos horas. La monitorización se realizó durante toda la sesión tanto en tiempos de esfuerzo, como los tiempos de recuperación. Los 13 sujetos fueron monitorizados y se registraron los valores de frecuencia cardíaca cada 5 segundos. Se emplearon 13 carpetas para la valoración individual de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). La valoración individual y privada de la RPE se vio de gran importancia, ya que de esa forma se evitarían posibles interferencias entre jugadores. Cada carpeta contenía una tabla para la valoración de la RPE compuesta por 15 puntos, de 6 a 20 (Borg, 1962). La RPE se ha entendido en este estudio como un fenómeno complejo que se puede ver influenciado por múltiples factores a los cuales el deportista se tiene que adaptar en función del tipo y la intensidad de la tarea (Tenenbaum y Hutchinson, 2007).

Se realizó un test inicial donde se aplicó el Course Navette con el objetivo de calcular la FC máx. de los sujetos. A partir de ahí se monitorizaron veintiuna sesiones de entrenamiento y se seleccionaron las tres sesiones de mayor intensidad. Las sesiones de mayor intensidad venían indicadas por la RPE expuesta por los sujetos. Esas tres sesiones, al igual que todas, contenían ejercicios codificados y estandarizados. Se obtuvieron mayores frecuencias cardíacas en los ejercicios denominados "S7" y "C32". En el caso del S7, la situación consistía en un juego real de cinco minutos. Durante ese tiempo se desarrollaba una situación de entrenamiento idéntica a la dinámica del balonmano, respetándose las mismas reglas. El "C32" consistía en una secuencia de contraataques desarrollados en tiempos de 30 segundos. Cada jugador realizaba siete repeticiones de este ejercicio, con un tiempo de recuperación de un minuto y medio entre esfuerzo.

Se valoró la RPE general de la sesión e igualmente, se valoró ejercicio por ejercicio las RPE desarrolladas y se realizó la media de todas ellas, obteniendo así la RPE media individual de cada jugador. Se seleccionaron las FC máx, registradas en los pulsómetros de las tres sesiones que superaban ambos RPE (media y general) el valor de diecisiete.

Resultados

Teniendo en cuenta los datos obtenidos se realizó un análisis de regresión lineal estimando como variable dependiente la FC máx. lograda mediante la prueba de Course Navette, seleccionando las FC máx., individuales de cada jugador, de las tres sesiones que tenían una RPE media y general por encima de 17. El análisis de regresión muestra que la variable FC máx fue significativa ($F_{1,11}=11,00$; $p=0,007$). El valor de R^2 ha sido de 0,50 y la ecuación de predicción es:

$$FC \text{ máx (Estimada)} = 51,470 + 0,752 FC \text{ máx (media 3 sesiones)} \text{ (ver figura 1)}$$

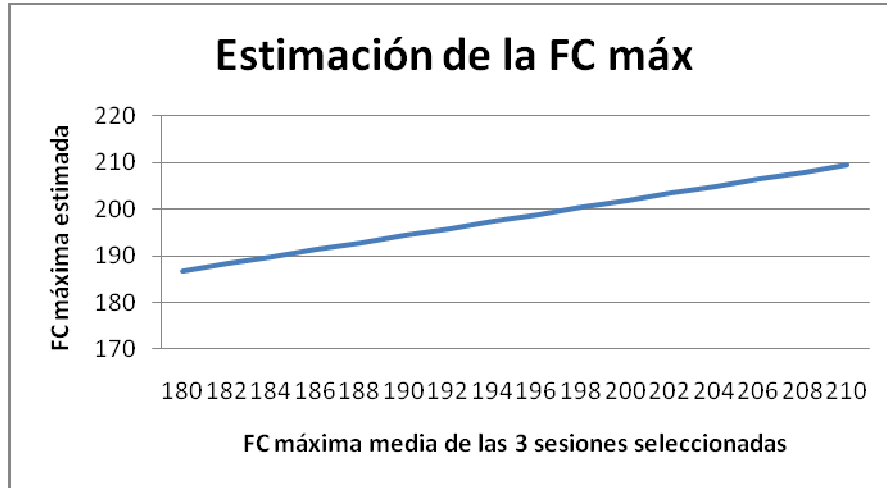


Figura 1: Estimación de la frecuencia cardiaca máxima individual del jugador a partir de la ecuación propuesta.

En la tabla 1 se han comparado los datos obtenidos a partir de esta investigación con los reales de la prueba del Course Navette y los que se calculan a partir de las propuestas de Imbar et al. (1994) y Karvonen (1957).

Tabla 1: Resultados de los 13 sujetos durante el test de potencia aeróbica máxima (FCmáx Course Navette) y los resultados de las medias de las FC máx en 3 sesiones de intensidad por encima de 17 en la escala de RPE (general y media). Obtención de FC máx. por medio de Karvonen (1957), Imbar et al. (1994) y nuestra ecuación.

Sujetos	Edad	FC.máx C.Navette.	FC.máx media (3 sesiones)	Karvonen (1957)	Imbar et al. (1994)	Ecuación propuesta
S1	27	173	174	193	187,3	182
S2	20	195	207	200	192,1	207
S3	22	194	181	198	190,7	187
S4	31	182	177	189	184,5	185
S5	29	171	169	191	185,9	178
S6	22	195	192	198	190,7	196
S7	25	186	179	195	188,6	186
S8	22	210	190	198	190,7	194
S9	27	198	187	193	187,3	192
S10	27	185	176	193	187,3	183
S11	22	193	180	198	190,7	186
S12	22	195	191	198	190,7	195
S13	22	188	182	198	190,7	188
Prom	24,46	189,61	183,74	195,53	189,04	189,64

Se han realizado las correlaciones entre las diferentes formas de obtención de FC máx. Los datos muestran que la ecuación propuesta correlaciona fuertemente con otras formas de obtención de la frecuencia cardíaca máxima tanto directa como es el Course Navette y con fórmulas de estimación indirecta como son las propuestas realizadas por Karvonen e Imbar et al. (ver tabla 2).

Tabla 2: Resultados de las correlaciones entre distintas formas de cálculo de la FC máx. (N = 13). La significación aparece entre paréntesis.

	Karvonen (1957)	Imbar et al. (1994)	Ecuación propuesta
Course Navette	,664 (0,013)	,664 (0,013)	,707 (0,007)
Karvonen (1957)		1,000 (0,0001)	,710 (0,007)
Imbar et al. (1994)			,710 (0,007)

Igualmente se calcularon los errores típicos de medida de la variable diferencia entre los datos obtenidos con Course Navette y cada fórmula de cálculo propuesta. Esto es debido a que los métodos basados en la correlación para estimar la relación entre dos métodos de cálculo en los mismos sujetos pueden estar influenciados por el rango de los valores medidos, por lo que se recomienda también la utilización de otros índices como el error típico de medida (Atkinson y Nevill, 1998; Hopkins, 2000). En este caso, nuevamente el error típico de medida de la ecuación propuesta (2,08) es menor que en el caso de las ecuaciones de Karvonen (2,39) e Imbar et al. (2,53).

Discusión

La principal aportación es la obtención de una ecuación que permite estimar la FC máx. individual de jugadores pertenecientes a deportes de equipo en situaciones reales de juego a partir de los entrenamientos. Se puso en práctica una metodología para poder estimar las FC máx. de los jugadores en situaciones de juego en el contexto del entrenamiento, sin necesidad de la realización de un test analítico máximo.

La correlación de la ecuación hallada con la de Karvonen (1957) fue de 0,71, mientras que con la propuesta por Imbar et al. (1994) fue también 0,71 aunque un menor error típico de medida en la primera propuesta. Los valores del coeficiente de correlación son iguales porque ambas fórmulas son linealmente equivalentes. Por otro lado, la fórmula propuesta en nuestro estudio, también guarda una alta correlación con los resultados obtenidos en el Course Navette ($r = 0,707$) y el menor error típico de estimación. Estos resultados, dan fuerza a la propuesta planteada ya que se asemejan en gran medida a las otras tres formas expuestas para el cálculo de la FC máx., y sin olvidar que la ecuación hallada estima la FC máx. a partir de situaciones reales de juego y no teniendo en cuenta tan solamente la edad del sujeto. Por medio de la valoración continua del deportista en situaciones integradas, se aumenta la motivación del jugador por la actividad y no se limita la evaluación a un solo día.

En el presente estudio se desarrolló el test de potencia aeróbica máxima Course Navette para obtener las FC máx. de los jugadores y poder estimar el consumo de oxígeno máximo de cada jugador. Se escogió el Course Navette, por lo anteriormente argumentado en otros estudios; es un test de carreras de 20 metros de ida y vuelta y que se desarrolla en una pista de balonmano asemejándose a la realidad del deporte del balonmano. Con esta prueba validada se determinó la frecuencia cardíaca máxima de cada jugador y se estimó el consumo de oxígeno máximo de cada uno de ellos.

Con la ecuación propuesta para estimar la FC máx. en situaciones reales de juego, monitorizando tres sesiones intensas de juego, se podrá estimar de una forma aproximada la FC máx. de los jugadores.

La literatura científica consultada muestra que la FC máx. se ha analizado mediante tests máximos analíticos, en los que el comportamiento del sujeto puede ser máximo o no, por ello, en este caso se propone la valoración continua del jugador para comprobar los valores de FC que desarrolla en situaciones reales de entrenamiento.

En relación a lo expuesto anteriormente, Antonacci, Mortimer, Rodrigues, Coelho y Silami-Garcia (2007) en una investigación reciente sobre el cálculo de FC máx. en jugadores de fútbol de diferentes edades, demostraron que la FC máx. obtenida en tests analíticos para el cálculo de la FC no es en todos los casos la real, ya que en múltiples ocasiones los deportistas no están del todo motivados en el momento de la realización de la prueba. Sin embargo Spiering, Wilson, Judelson y Rundell (2003) en un estudio realizado con jugadores de hockey, demuestran que en circunstancias de competición, los jugadores pueden llegar a desarrollar mayores valores de frecuencia cardíaca máxima que en los registros realizados previamente en las sesiones de entrenamiento. Esta circunstancia es la que ha motivado la búsqueda de una estrategia de control que facilite el cálculo de la FC máx. en situaciones de entrenamiento.

Conclusión

La ecuación propuesta para la estimación de la FC máx. en situaciones reales de juego, es una forma muy aproximada de cálculo, que evita la realización de test analíticos no específicos aumentando la especificidad en la valoración.

Aplicaciones Prácticas

Con el uso de esta ecuación se pretende que los entrenadores tengan una herramienta fácil que les permita valorar la FC máx. de sus jugadores “in situ” sobre el terreno de juego.

Las limitaciones del trabajo están relacionadas con el propio diseño, al ser un estudio longitudinal, aplicado a un sólo equipo, necesita de replicas que permitan controlar los múltiples factores que pueden influir en el resultado obtenidos y posibilite ajustar al máximo la ecuación obtenida. Necesita ser probada mayor número de sujetos y de otro tipo (por ejemplo, otras edades o no deportistas).

Referencias

- Alexander, M. J. y Boreskie, S. L. (1989). An analysis of fitness and time-motion characteristics of handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(1), 76-82.
- Antonacci, L., Mortimer, L. F., Rodrigues, V. M., Coelho, D. B., Soares, D. D., y Silami-Garcia, E. (2007). Competition, estimated, and test maximum heart rate. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 418-421.
- Atkinson, G., and Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238.
- Borg, G. (1962). A simple rating scale for use in physical work test. *Fysiografiska Sällskapet y Lund Förhandlingar*, 32, 7-15.
- Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., y Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 399-405.
- Castagna, C., Chaouachi, A., Rampinini, E., Chamari, K. e Impellizzeri, F. (2009). Aerobic and explosive power performance of elite italian regional-level basketball players. *Journal Strength Conditioning Research*, 23(7), 1982-1987.
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., y Wisloff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 24-28.
- Delamarche, P., Gratas, A., Beillot, J., Dassonville, J., Rochcongar, P. y Lessard, Y. (1987). Extent of lactic anaerobic metabolism in handballers. *International Journal of Sports Medicine*, 8(1), 55-59.
- Di Michele, R., Di Renzo, A. M., Ammazalorso, S., y Merni, F. (2009). Comparison of physiological responses to an incremental running test on treadmill, natural grass, and synthetic turf in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 939-945.
- García, J., Villa, J., Rodríguez, J.A., Morante, J.C., Álvarez, E. y Jover, R. (2003). Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apunts*, 71, 80-88.
- Hermassi, S., Castagna, C., Mohamed, H., Younes, H. y Chamari, K. (2010). Direct validity of the Yo-yo intermittent recovery test in young team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(2), 465-470.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.
- Imbar, O. Oten, A., Scheinowitz M., Rotstein A., Dlin R. y Casaburi R. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20 – 70 years old men. *Medicine Science Sport Exercise*, 26(5), 538-546.
- Jullien, H., Amiard, V. y Ahmaidi, S. (2000). The soccer adapted 20 m shuttle run test: a physiological potential and a technical ability indicator. STAPS: Revue des Sciences & Techniques des Activités Physiques & Sportives, 21(53), 7-18.
- Karvonen, M.J., Kentala, E. y Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307-315.

- Kemi, O. J., Hoff, J., Engen, L. C., Helgerud, J., y Wisloff, U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. / test de mesure de la puissance maximale aerobie, specifique au football. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 43 (2), 139-144.
- Labsy, Z., Collomp, K., Frey, A. y De Ceaurrez, J. (2004). Assessment of maximal aerobic velocity in soccer players by means of an adapted Probst field test. *Journal Sports Medicine & Physiology Fitness*, 44 (4), 375-382.
- Loftin, M., Anderson, P., Lytton, L., Pittman, P., y Warren, B. (1996). Heart rate response during handball singles match-play and selected physical fitness components of experienced male handball players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 36 (2), 95-99.
- Nicholas, C.W., Nuttall, F.E., y Williams, C. (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. / Le test navette intermittent de Loughborough: un test de terrain qui stimule l'activite en football. *Journal Sports Science*, 18 (2), 97-104.
- Núñez, V. M., Da Silva-Grigoletto, M.E., Castillo, E.F., Poblador, M.S. y Lanco J.L. (2008). Effects of training exercises for the development of strength and endurance in soccer. *Journal Strength Conditioning Research*, 22 (2), 518-524.
- Rivilla, J. (2008). Valoración de la condición física en deportes de equipo: utilidad de los test tradicionales. *Comunicaciones Técnicas RFEBM*, 258 (11), 12-24.
- Souhail, H., Castagna, C., Mohamed, H.Y., Younes, H. y Chamari, K. (2010). Direct validity of the yo - yo intermittent recovery test in young team handball players. *Journal Strength Conditioning Research*, 24 (2), 465-470.
- Spiering, B.A., Wilson, M.H., Judelson, D.A. y Rundell, K.W. (2003). Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *Journal Strength Conditioning Research*, 17 (2), 329-333.
- Tenenbaum, G y Hutchinson, J. C. (2007). A social Cognitive Perspective of Perceived Sustained Effort. En G. Tenenbaum y R. C. Eklund (Eds.) *Handbook of Sport Psychology*, (3rd Edition, pp. 560-577). New York: Wiley.

Referencia del artículo:



Cuadrado-Reyes, J., Chiroso, L.J., Chiroso, I.J., Martín-Tamayo, I., Aguilar-Martínez, D. (2011). Estimación de la frecuencia cardiaca máxima individual en situaciones integradas de juego en deportes colectivos: una propuesta práctica. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* 7(2), 91-99.
<http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>